



71 Anmelder:
Weiss-Electronic GmbH Elektronische Regel- und
Steuergeräte H. Weiss, 54294 Trier, DE
74 Vertreter:
Grommes, K., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 56068 Koblenz

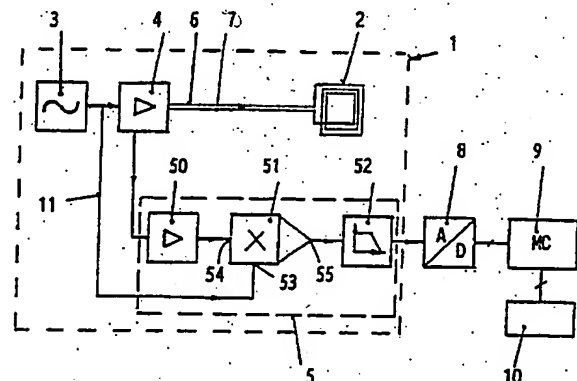
72 Erfinder:
Beck, Hans-Peter, 54298 Welschbillig, DE; Thiel,
Heinz, 54293 Trier, DE; Luban, Guido, 54309 Newel,
DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Induktiver Fahrzeug-Detektor

57 Die Erfindung betrifft einen induktiven Fahrzeug-Detektor mit einer Induktionsschleife (2) und einer mit der Induktionsschleife (2) verbundenen elektronischen Auswertevorrichtung (5).

Um zu erreichen, daß Beeinträchtigungen der Empfindlichkeit des Detektors (1) durch Einkopplung von Fremdsignalen, etwa benachbarter Induktionsschleifen, sowie durch die ohmschen Zuleitungswiderstände und durch die Schleifenendstufe (4) wesentlich geringer ist als bei bekannten induktiven Fahrzeug-Detektoren, wird vorgeschlagen, die Induktionsschleife (2) als Meßobjekt in eine Impedanzmeßeinrichtung einzubeziehen, wobei die jeweilige Änderung der Impedanz der Induktionsschleife (2) frequenzselektiv gemessen wird. Die frequenzselektive Messung erfolgt dabei mit einer in der Auswertevorrichtung (5) enthaltenen aus Synchrongleichrichter (51) und nachgeschaltetem Tiefpaßfilter (52) bestehenden Schaltungsanordnung, welche nur die Amplituden derjenigen Schwingungen mißt, deren Frequenz der Spannung der Meßspannungsquelle (3) entspricht.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen induktiven Fahrzeug-Detektor mit einer Induktionsschleife gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Bekannte induktive Fahrzeug-Detektoren bestehen üblicherweise aus mindestens einer Induktionsschleife, die z. B. in entsprechenden Aussparungen einer Fahrbahn angeordnet und über ein Verbindungskabel mit einer zentralen Auswertevorrichtung verbunden ist. Dabei ist die Induktionsschleife Teil des Schwingkreises eines LC-Oszillators, dessen Kondensator Bestandteil der Auswertevorrichtung ist. Bei einer Bedämpfung der Schleife durch Überfahren mit einem Fahrzeug ändert sich die Induktivität der Induktionsschleife und damit die Frequenz des Schwingkreises. Diese Frequenzänderung wird dann durch die dem Oszillator nachgeschaltete Elektronik ausgewertet.

Bei diesen bekannten induktiven Fahrzeug-Detektoren beeinflussen die ohmschen Widerstände der Schleife und vor allem der Schleifenzuleitungskabel die Empfindlichkeit der Detektoren nachteilig, weil die auszuwertende Frequenzänderung um so kleiner wird, je größer dieser Widerstand ist. Je länger also die Verbindungsleitung zwischen Induktionsschleife und Auswertevorrichtung wird, je geringer wird folglich der Störspannungsabstand. In der Regel sind daher lediglich Längen der Verbindungsleitungen von maximal 200 bis 300 m realisierbar.

Ein weiterer Nachteil der bekannten Fahrzeug-Detektoren besteht darin, daß bei Verwendung mehrerer Induktionsschleifen (Mehrkanaldetektoren), die räumlich nur wenig getrennt betrieben werden und/oder durch ein gemeinsames Zuleitungskabel mit der Auswerteeinheit verbunden sind, trotz unterschiedlicher Frequenzen der entsprechenden Schwingkreise unerwünschte Kopplungen oder Störungen zwischen den Kanälen der Detektoren entstehen. Noch gravierender tritt dieses Problem auf, wenn mehrere Detektoren u. U. mit jeweils mehreren Induktionsschleifen miteinander verkoppelt sind.

Schließlich ist es außerordentlich nachteilig, daß die bekannten induktiven Fahrzeug-Detektoren in der Regel mit einer Schleifenendstufe verbunden sein müssen, die einen relativ niedrigen Ausgangswiderstand aufweist, weil es anderenfalls nicht zur Schwingungsausbildung des entsprechenden Schwingkreises kommen würde. Eine derartige niederohmige Endstufe beeinträchtigt aber wesentlich die Empfindlichkeit des aus Induktionsschleife und Auswertevorrichtung bestehenden Systems.

Es sind ferner induktive Fahrzeug-Detektoren bekannt geworden, bei denen die jeweilige Induktionsschleife Bestandteil eines einstellbaren Frequenzgenerators ist. Auch bei diesen Detektoren bilden die Schleifen und eine in der Auswerteeinheit vorhandene Kapazität C einen LC-Schwingkreis.

Im Unterschied zu den vorstehend beschriebenen Detektoren wird in diesem Falle die Resonanzfrequenz allerdings nicht selbsttätig von einem Oszillator eingestellt und aufrechterhalten, sondern die Frequenz wird prozessorgesteuert erzeugt und im Abgleich so lange verändert, bis die Resonanzfrequenz erreicht wird. Bei Bedämpfung der Induktionsschleife ändert sich wiederum deren Induktivität und verursacht eine Phasenverschiebung, die von der Auswertevorrichtung ausgewertet wird.

Im wesentlichen weisen auch diese Detektoren —

aufgrund der hohen ohmschen Widerstände der Verbindungsleitungen, der erforderlichen niederohmigen Schleifenendstufen und der Beeinflussung der Empfindlichkeit durch unerwünschte Kopplung benachbarter Induktionsschleifen — die gleichen Nachteile wie die vorstehend beschriebenen Detektoren auf, so daß auch bei diesen Fahrzeug-Detektoren die Länge der Verbindungsleitungen zwischen Induktionsschleife und Auswertevorrichtung stark begrenzt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen induktiven Fahrzeug-Detektor der eingangs erwähnten Art anzugeben, bei dem die Länge der Verbindungsleitungen zwischen Induktionsschleife und Auswertevorrichtung wesentlich länger sein kann als bei den bekannten Detektoren. Es soll daher insbesondere ein Fahrzeug-Detektor geschaffen werden, bei dem eine Beeinträchtigung der Empfindlichkeit des Detektors durch Einkopplung von Fremdsignalen etwa benachbarter Schleifen sowie eine Beeinträchtigung der Meßempfindlichkeit durch die ohmschen Zuleitungswiderstände und durch die Schleifenendstufe (Störspannungsabstand) weitgehend vermieden wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 gelöst. Weitere besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung offenbaren die Unteransprüche.

Die Erfindung beruht im wesentlichen auf dem Gedanken, daß die Induktionsschleife nicht die Induktivität eines schwingenden LC-Oszillators bildet, sondern das Meßobjekt einer Impedanzmeßeinrichtung, wobei die jeweilige Änderung der Impedanz der Induktionsschleife frequenzselektiv gemessen wird. Die frequenzselektive Messung erfolgt dabei mit einer in der Auswertevorrichtung enthaltenen aus Synchrongleichrichter mit nachgeschaltetem Tiefpaßfilter bestehenden Schaltungsanordnung, welche nur die Amplituden derjenigen Schwingungen mißt, deren Frequenz der Spannung der Meßspannungsquelle entspricht.

Da die Induktionsschleife nicht mehr Teil eines Oszillators ist, kann die Schleifenendstufe bei dem erfindungsgemäßen Detektor hochohmig ausgeführt werden. Aufgrund der hochohmigen Schleifenendstufe und der hohen Frequenzselektivität ist es möglich, die Detektoren mit eng benachbarten Schleifen zu betreiben, ohne daß Störungen durch Fremdsignale und Empfindlichkeitsverlust durch gegenseitigen Energieentzug auftreten.

Der hohe mit den erfindungsgemäßen Detektoren erreichbare Störspannungsabstand erlaubt es, auch Motorräder, die in der Regel eine nur schwache Impedanzänderung der Schleife bewirken, zu detektieren.

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines Analogmultiplizierers als Synchrongleichrichter, da als Steuerspannung direkt die sinusförmige Meßspannung (kleiner Klirrfaktor) verwendet wird. Da im Idealfall nur eine Frequenz in der Steuerfrequenz (Meßfrequenz) enthalten ist, wird nur die im Frequenzgemisch der Eingangsspannung enthaltene Amplitude der Spannung mit der Meßfrequenz ausgewertet und damit alle anderen Störsignale unterdrückt.

Synchrongleichrichter, bei denen die Polarität der Eingangsspannung über ein aus der Steuerspannung generiertes Rechtecksignal umgeschaltet wird, sind zwar grundsätzlich auch in Verbindung mit den erfindungsgemäßen Detektoren anwendbar, weisen aber den Nachteil auf, daß entsprechend den Anteilen in der Fourierreihe des steuernden Rechtecksignals auch ungeradzählige Vielfache der Meßfrequenz einen Beitrag zur

Ausgangsspannung liefern können. Denn da die Oberwellenanteile eines Rechteckes nur wenig gegenüber der Grundschwingung gedämpft sind, kann dieses zu Störungen in der Gleichspannung durch Demodulation von z. B. Langwellensendern oder Meßfrequenzen der Nachbarschleifen führen.

Da bei den üblichen Synchrongleichrichtern die Ausgangsspannung abhängig ist von dem Kosinus der Phasenverschiebung zwischen Steuerspannung und Meßspannung (phasenempfindliche Synchrongleichrichter), hat sich als vorteilhaft erwiesen, die durch die Induktionsschleife und/oder die Zuleitungen bewirkte Phasenverschiebung durch einen einstellbaren — vorzugsweise prozessorgesteuerten — Phasenschieber zu kompensieren. Dieser Phasenschieber kann beispielsweise in die Schleifenendstufe integriert werden. Durch die Kompensation der Phasenverschiebung mit Hilfe des Phasenschiebers bewirkt die Gesamtschaltung, daß der Synchrongleichrichter annähernd phasenunabhängig arbeitet, weil sich bei einer eingestellten Phase von 0° bei Bedämpfung Phasenänderungen von weniger als 5° ergeben. Für derart kleine Änderungen der Phase kann aber $\cos \Phi$ in guter Näherung gleich 1 gesetzt werden.

Statt eines phasenempfindlichen Synchrongleichrichters mit separatem Phasenschieber kann selbstverständlich auch ein phasenunabhängiger Synchrongleichrichter verwendet werden. Derartige Synchrongleichrichter sind allerdings relativ aufwendig herstellbar und daher mit entsprechend hohen Kosten verbunden.

Zur weiteren Auswertung der am Ausgang der an dem Tiefpaßfilter liegenden Signalwerte können diese vorteilhafterweise über einen Analog/Digital-Wandler einem Microcontroller zugeführt werden.

Sofern die Meßwerte mehrerer induktiver Fahrzeugdetektoren mit dem gleichen Microcontroller ausgewertet werden sollen, können die Detektoren in an sich bekannter Weise über einen Multiplexer mit dem Microcontroller bzw. dem vorgeschalteten A/D-Wandler verbunden werden.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den folgenden anhand von Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Fig. 1 das Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen induktiven Fahrzeugdetektors und

Fig. 2 das Blockschaltbild einer Schleifenendstufe zum Betrieb des Fahrzeugdetektors gemäß Fig. 1.

In Fig. 1 ist mit 1 ein erfindungsgemäßer Fahrzeugdetektor bezeichnet, der sich im wesentlichen aus einer Induktionsschleife 2, einer Meßspannungsquelle (Sinusgenerator) 3 mit nachgeschalteter Schleifenendstufe 4 und einer Auswertevorrichtung 5 zusammensetzt. Schleifenendstufe 4 und Induktionsschleife 2 sind über Verbindungsleitungen 6, 7 miteinander verbunden, die beispielsweise bis zu 1000 m lang sein können.

Der Auswertevorrichtung 5 ist über einen Analog-/Digital-Wandler 8 ein Microcontroller 9 nachgeschaltet, der seinerseits mit einer Meßwertanzeige 10 in Verbindung steht.

Die Auswertevorrichtung 5 enthält im wesentlichen einen Signalverstärker 50, dessen Ausgangssignale einem phasenempfindlichen Synchrongleichrichter (Analogmultiplizierer) 51 zugeführt werden, dem seinerseits ein Tiefpaßfilter 52 nachgeschaltet ist. Der jeweilige Steuereingang 53 des Synchrongleichrichters 51 ist ebenfalls über eine elektrische Leitung 11 mit der Meßspannungsquelle 3 verbunden.

Wie aus Fig. 2 hervorgeht, besteht die Schleifenendstufe 4 aus einem Signalverstärker 40 mit hochohmigen

Ausgang 41, der die von der Meßspannungsquelle 3 erzeugten frequenz- und amplitudenstabilen sinusförmigen Signale verstärkt und dann an die Induktionsschleife 2 weiterleitet. Außerdem enthält die Schleifenendstufe 4 einen integrierten Phasenschieber, der in Fig. 2 als separater Block 42 dargestellt und beispielsweise in an sich bekannter Weise durch ein Allpaß-Filter 1. Ordnung realisiert ist.

Im folgenden wird näher auf die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Detektors 1 eingegangen:

Während an dem Eingang 54 des Synchrongleichrichters (Analogmultiplizierer) 51 ohne Störquelle die an der Schleife 2 gemessene und mittels des Verstärkers 50 verstärkte Spannung (im folgenden auch als Meßspannung bezeichnet):

$$U_e(t) = u_e \cdot \sin(2\pi f_{st} \cdot t + \Phi)$$

liegt, weist die an dem Steuereingang 53 des Synchrongleichrichters 51 befindliche Spannung folgenden Verlauf auf:

$$U_{st}(t) = u_{st} \cdot \sin(2\pi f_{st} \cdot t),$$

wobei f_{st} die Frequenz der von der Meßspannungsquelle 3 erzeugten Steuerspannung U_{st} und Φ die Phasenverschiebung zwischen Steuerspannung U_{st} und Meßspannung U_e , die mit Hilfe des Phasenschiebers 42 (Fig. 2) kompensiert werden kann, bedeuten.

Während die Größen u_{st} und f_{st} konstant sind, ändern sich u_e und Φ bei Bedämpfung, d. h. beim Überfahren der Induktionsschleife 2 durch ein Fahrzeug.

Für die Spannung U_a am Ausgang 55 des Multiplizierers 51 ergibt sich damit folgender Verlauf:

$$U_a(t) = (U_e(t) \cdot U_{st}(t))/E,$$

wobei E eine Recheneinheit des Multiplizierers (z. B. 10 V) ist.

Mit

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = 0,5 \cdot [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$$

folgt:

$$U_a(t) = 0,5 \cdot u_e \cdot u_{st}/E \cdot [\cos \Phi - \cos(4\pi f_{st} \cdot t + \Phi)] = U_- + U_+$$

Es entsteht demnach eine Gleichspannung, der eine Wechsellspannung mit doppelter Meßfrequenz überlagert ist. Da mit dem Phasenschieber 42 die Phase Φ kompensiert wird, d. h.

$$\Phi = 0, \cos(\Phi) = 1,$$

ergibt sich:

$$U_a(t) = 0,5 \cdot u_e \cdot u_{st}/E \cdot [1 - \cos(4\pi f_{st} \cdot t)] = U_- + U_+.$$

Die Gleichspannung U_- ist also in diesem Fall bei Bedämpfung unabhängig von der Phase Φ .

Enthält die Meßspannung nun durch eine Nachbarschleife eine Störfrequenz von z. B. $f = f_{st} + 5 \text{ kHz}$, so enthält die Ausgangsspannung $U_a(t)$ zwei zusätzliche Frequenzen:

$$f_1 = 5 \text{ kHz und } f_2 = 2f_{st} + 5 \text{ kHz.}$$

Das dem Synchrongleichrichter nachgeschaltete Tiefpaßfilter 52 hat nun die Aufgabe, durch Mittelwertbildung alle Spektren, außer der von der Meßfrequenz verursachten Gleichspannung U_{-} , herauszufiltern. Bei einem Tiefpaßfilter mit der Grenzfrequenz $f_{gTP} = 0\text{ Hz}$ wurde sich (theoretisch) eine Ausgangsspannung

$$U_a(t) = U_{-} = 0,5 \cdot U_e \cdot 0_{st}/E$$

ergeben. Es liefert also nur die Spannung U_e einen Anteil zur des Tiefpaßfilters, deren Frequenz gleich der Steuerfrequenz und damit, wie gewünscht, auch gleich der Meßfrequenz ist. Durch die unendlich große Zeitkonstante des Tiefpaßfilters wären bei dieser Grenzfrequenz allerdings keine zeitlichen Änderungen der Ausgangsspannung möglich.

Für eine Grenzfrequenz $f_{gTP} > 0\text{ Hz}$ wird nicht mehr eine bestimmte Frequenz, sondern ein Frequenzband aus dem Mischsignal von U_e herausgefiltert. Hinsichtlich der Meßfrequenz verhält sich die Schaltung also wie ein Bandpaß mit der Bandbreite $B = 2 f_{gTP}$ und der Mittenfrequenz $f_M = f_{st} = f_{Meß}$.

Das Tiefpaßfilter 52 bestimmt demnach die Eigenschaften der Gesamtschaltung und muß so ausgelegt werden, daß es die Anforderungen hinsichtlich Anstiegszeit, Sprungantwort, Störunterdrückung usw. erfüllt (z. B. Bessel-TP 4. Ordnung mit $f_{gTP} = 100\text{ Hz}$).

Betrachtet man den für die Detektion benutzten Gleichspannungsanteil

$$U_{-} = 0,5 \cdot U_e \cdot 0_{st}/E,$$

erkennt man, daß die Ausgangsspannung proportional zur Amplitude U_e der Schleifenspannung $U_e(t)$ ist. Die Induktionsschleife 2 wird aber durch einen großen Widerstand angesteuert (hochohmiger Ausgang der Schleifenendstufe), so daß der Strom nahezu konstant ist. Daraus folgt, daß der Gleichspannungsanteil U_{-} proportional zu dem Betrag der Schleifenimpedanz $|Z|$ ($Z = U/I$) ist.

Bezugszeichenliste

- 1 Induktiver Fahrzeug-Detektor
- 2 Induktionsschleife
- 3 Meßspannungsquelle
- 4 Schleifenendstufe
- 40 Signalverstärker
- 41 hochohmiger Verstärkerausgang
- 42 Phasenschieber
- 5 Auswertevorrichtung
- 50 Signalverstärker
- 51 Synchrongleichrichter, Analogmultiplizierer
- 52 Tiefpaßfilter
- 53 Eingang, Steuereingang
- 54 Eingang
- 55 Ausgang
- 6, 7 Verbindungsleitungen
- 8 A/D-Wandler
- 9 Microcontroller
- 10 Meßwertanzeige
- 11 elektrische Verbindungsleitung

Patentansprüche

1. Induktiver Fahrzeug-Detektor mit einer Induktionsschleife (2) und einer mit der Induktionsschleife (2) verbundenen elektronischen Auswertevor-

richtung (5), dadurch gekennzeichnet, daß die Induktionsschleife (2) mit einer Meßspannungsquelle (3) zur Erzeugung einer Wechselspannung mit einer vorgebbaren Frequenz verbunden ist, und daß die elektronische Auswerteeinheit (5) einen Synchrongleichrichter (51) mit nachgeschaltetem Tiefpaßfilter (52) enthält, wobei der Meßeingang (54) des Synchrongleichrichters (51) — gegebenenfalls über weitere Schaltungsvorrichtungen (4, 50) zur Signalpegelanpassung etc. — mit der Induktionsschleife (2) und dessen Steuereingang (53) mit der Meßspannungsquelle (3) verbunden ist.

2. Induktiver Fahrzeug-Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Meßspannungsquelle (3) und Induktionsschleife (2) eine Schleifenendstufe (4) vorgesehen ist, die im wesentlichen einen Signalverstärker (40) mit einem hochohmigen Ausgangswiderstand enthält.

3. Induktiver Fahrzeug-Detektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schleifenendstufe (4) zusätzlich einen Phasenschieber (40) zur Veränderung der Phase (Φ) der an der Induktionsschleife (2) liegenden Spannung aufweist.

4. Induktiver Fahrzeug-Detektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenschieber (40) durch einen Prozessor steuerbar ist.

5. Induktiver Fahrzeug-Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Synchrongleichrichter (51) im wesentlichen als Analogmultiplizierer ausgebildet ist.

6. Induktiver Fahrzeug-Detektor nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Synchrongleichrichter (51) um einen phasenunabhängigen Synchrongleichrichter handelt.

7. Induktiver Fahrzeug-Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Induktionsschleife (2) und Synchrongleichrichter (51) ein Signalspannungsverstärker (50) angeordnet ist.

8. Induktiver Fahrzeug-Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang (55) des dem Synchrongleichrichter (51) nachgeschalteten Tiefpaßfilters (52) zur weiteren Auswertung der gemessenen Schleifensignale über einen Analog-/Digital-Wandler (8) mit einem Microcontroller (9) verbunden ist.

9. Induktiver Fahrzeug-Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei der Meßspannungsquelle (3) um einen Sinusgenerator handelt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

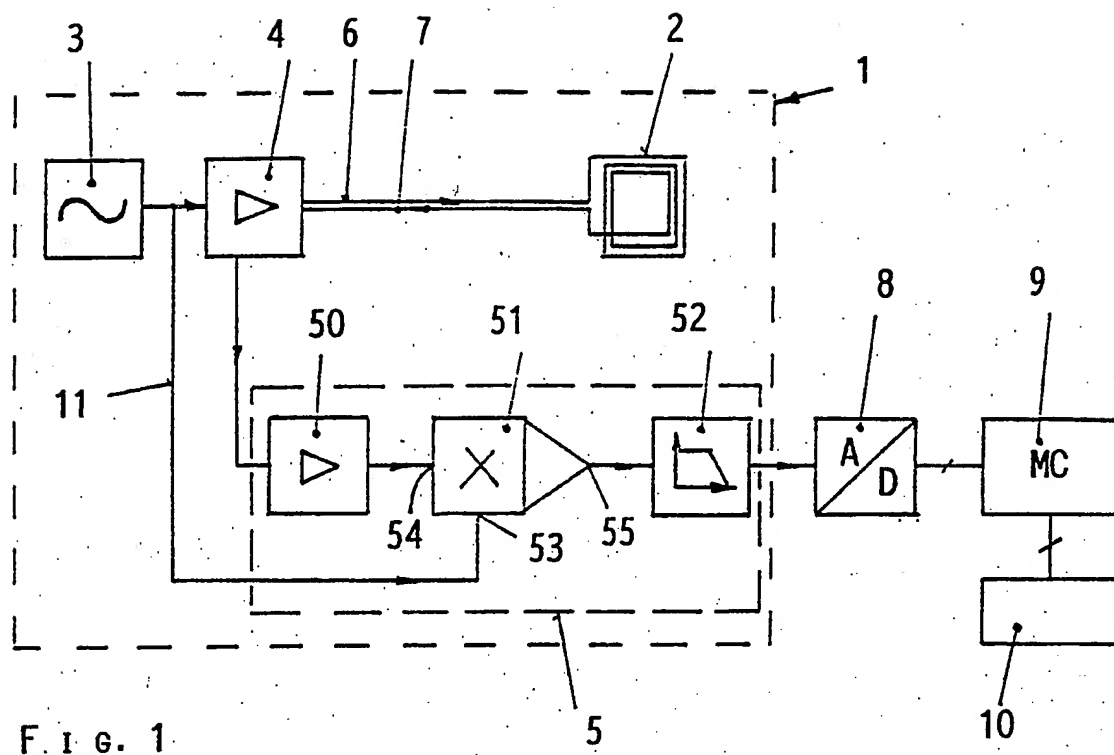
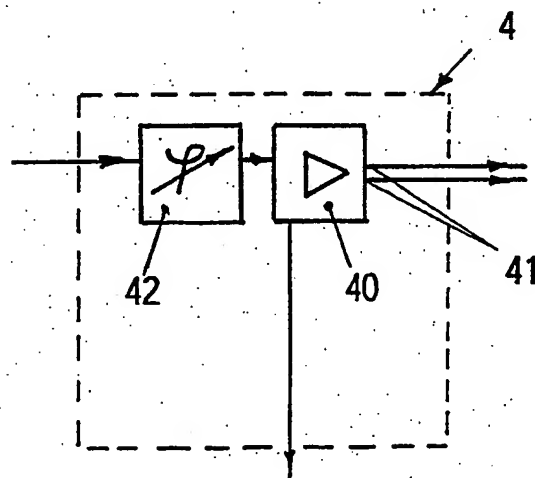


FIG. 1



F I G. 2